

Основи технології VoIP та IP-телефонії



© Фото Bitrium

ЗМІСТ

ВСТУП	1
Базові функції телефонії – передача голосу та сигналізація	2
Розвиток технології телефонії – від аналогового електричного зв'язку до IP-телефонії	3
Передача голосу на далеку відстань	3
Формування шляху передачі голосу – комутація	4
Мультиплексування голосових відліків в цифровій телефонії	5
Комутація каналів та комутація пакетів	7
Основи технології VoIP	8
Цифровий формат передачі голосового сигналу	8
Економія обсягу даних, що передаються, за допомогою кодеків	11
Сигналізація в IP-телефонії	15
VoIP-шлюзи та менеджери викликів	15
Протоколи сигналізації	16
Протокол H.323	16
Протоколи MGCP та H.248	18
Протокол SIP	19
ВИСНОВКИ	21



Дмитро Черкасов
Інструктор Cisco,

Національний Університет «Кієво-Могилянська Академія»

ВСТУП

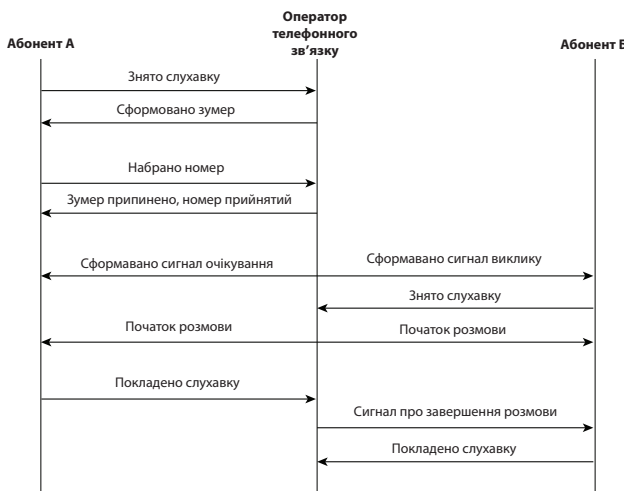
Телефонний зв'язок, який з'явився наприкінці 19-го століття, менш ніж за 100 років став невід'ємним елементом людської діяльності в усіх галузях. Від якості та працездатності телефонії залежать відносини в сім'ї, успіх в бізнесі і нерідко життя людей. Покладена відповідальність породжує високі вимоги щодо надійності та якості телефонного зв'язку.

Телефонію можна розглядати з двох точок зору – користувача та оператора. Користувач розглядає телефонію як доступний йому послугу (сервіс). Оператор (провайдер телефонії) розглядає телефонію як технологію, через яку послуга надається користувачеві. В цій статті ми сконцентруємося саме на технологічних аспектах телефонії.

Базові функції телефонії – передача голосу та сигналізація

Найбільш очевидна функція телефонії – забезпечення **голосового зв'язку** між абонентами, які знаходяться на відстані один від одного. Голос абонента А потрібно передати до абонента Б і навпаки, при чому забезпечити мінімальну затримку передачі. Телефонна розмова має максимально бути подібною до розмови під час безпосередньої зустрічі співрозмовників. Передача голосу в телефонії відбувається за допомогою електронних засобів.

Друга не менш важлива функція телефонії – передача та обробка службової інформації або **сигналізація**. Для того, аби зателефонувати нашому співрозмовнику, на телефоні потрібно набрати його номер. В результаті обробки телефонного номера визначається шлях (маршрут) передачі голосової інформації від абонента до абонента, лунає звуковий сигнал на телефоні абонента, якого викликають, а абонент, який здійснив виклик, отримує інформацію щодо стану з'єднання (не беруть слухавку, абонент зайнятий іншою розмовою, з абонентом немає зв'язку та ін.). Типовий сценарій телефонної розмови відтворено на мал. 1.



Мал. 1. Сценарій телефонної розмови в системі традиційної телефонії

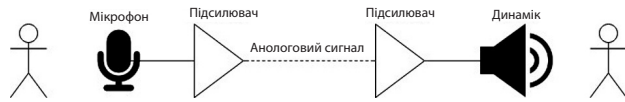
Впровадження обох зазначених функцій здійснюється значною мірою незалежно. Засоби сигналізації виконують роль «організаторів» розмови – сприймають команди абонентів, прокладають шлях передачі голосу, «домовляються» з усіма проміжними пристроями. Засоби передачі голосу забезпечують передачу голосу з належною якістю та технологічними параметрами. Засоби сигналізації та передачі голосу можуть бути інтегровані у одному пристрої (наприклад, абонентський телефонний апарат виконує обидві ролі) або в різних (наприклад, системи керування викликами та голосові підсилювачі і шлюзи).

Розвиток технологій телефонії – від аналогового електричного зв'язку до IP-телефонії

Передача голосу на великій відстані

Найперша задача, яку було вирішено за допомогою телефонії – передача голосу на значній відстані. В телефонних системах перших поколінь акустичний сигнал голосу людини перетворювався на електричний сигнал за допомогою мікрофону.

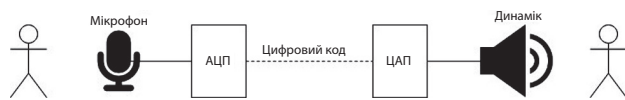
Для передачі електричного сигналу без втрати потужності на опорі дротів на шляху передачі встановлювалися електричні підсилювачі. Для відтворення в кінці передачі електричний сигнал подавався на акустичний динамік (мал. 2).



Мал. 2. Передача голосу за допомогою аналогового електричного сигналу

Мікрофон та динамік – це два компоненти телефонних систем які протягом всієї історії розвитку технології телефонії не набули принципових змін. Але це не стосується всіх інших компонентів. Один з параметрів електричного сигналу – струм чи напруга, змінювався відповідно силі акустичного тиску, який створювався голосом. Такий сигнал має назву **аналогового**, а технологія телефонії, яка базувалася на використанні аналогових сигналів – **аналоговою телефонією**.

Аналогова телефонія задовольняла вимоги щодо якості передачі голосу в межах невеликого міста, але у разі зростання відстані між абонентами якість знижувалася внаслідок спотворень та шумів, які спричиняли проміжні підсилювачі, а також зовнішніх завад. Проблема з якістю передачі голосу було вирішено після заміни аналогового електричного сигналу на цифровий код для передачі голосу. Для перетворення голосу в код сигнал з мікрофону подається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), а для відтворення сигналу зворотне перетворення здійснюється цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП). Проміжні підсилювачі-повторювачі, які необхідні для відновлення потужності електричного сигналу більше не впливали на якість передачі голосу, адже цифровий код не змінювався на шляху передачі (мал. 3).



Мал. 3. Передача голосу за допомогою цифрового коду

Телефонія, яка базується на передачі голосу цифровим кодом, має назву **цифрової телефонії**. Насьогодні цифровий зв'язок є основною технологією передачі голосу в телефонії, натомість аналоговий зв'язок подекуди використовується в застарілих системах, які поступово замінюються на цифрові.

Формування шляху передачі голосу – комутація

Для зв'язку між двома абонентами достатньо єдиного каналу між ними з двобічною передачею голосу. Але послуга телефонії передбачає охоплення великої кількості абонентів. Канал, яким телефонний апарат абонента з'єднаний з операторським обладнанням, використовується для зв'язку з будь-яким іншим абонентом. Для створення шляху передачі голосу між абонентами оператор здійснює з'єднання ділянку своєї мережі у єдиний канал між телефонними апаратами цих абонентів. Цей процес має назву **комутації**. За відсутності комутації кожен абонент потребував би окремого каналу зв'язку з усіма своїми можливими співрозмовниками.

В телефонних системах перших поколінь комутацію здійснювали 1087 працівники телефонного вузла, які вручну комутували телефонні лінії для зв'язку між абонентами (мал. 4).

Згодом ручну комутацію замінили автоматичні електромеханічні комутатори на основі декадно-шагових реле. За очевидної вищої ефективності електромеханічних комутаторів вони суттєво обмежували якість телефонного зв'язку – низька якість контактних з'єднань призводила до шумів і спотворень аналогових сигналів, використання електромагнітів в реле створювало завади. Частково вирішити зазначені проблеми вдалося шляхом переходу на електронні комутатори, втім основна проблема, притаманна аналоговій телефонії – низька якість передачі голосу, залишилася. Звести нанівець проблему негативного впливу



Мал. 4. Ручна комутація в перших телефонних системах (з сайту <http://report.if.ua>)

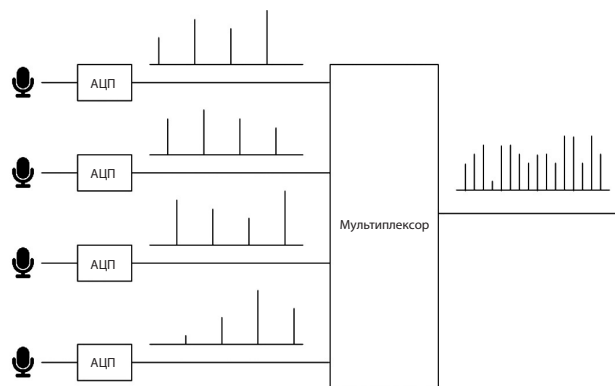
комутаторів на якість голосу вдалося лише після впровадження цифрової телефонії.

Мультиплексування голосових відліків в цифровій телефонії

Окрім підвищення якості голосового зв'язку цифрова телефонія вирішила ще одну проблему – використання одного каналу для передачі багатьох розмов одночасно. Передача голосу аналоговим сигналом вимагала окремої дротової пари для кожної розмови. Загальна кількість дротових пар в кабелях, які з'єднували між собою операторські комутатори (відомі як автоматичні телефонні станції або АТС), була фактором, який обмежував максимальну кількість одночасних розмов абонентів. У разі зайняття всіх наявних пар абоненти після набору номеру могли почути повідомлення «Напрямок перевантажено» або переривчастий зумер з трішки меншим періодом ніж сигнал «зайнято».

Цифрова форма голосового сигналу передбачає передачу послідовності цифрових відліків замість неперервного аналогового сигналу. Між відліками однієї телефонної розмови з'явилася можливість передачі відліків інших телефонних розмов. Технологія такої ущільненої передачі відліків декількох розмов через єдиний канал отримала назву часового мультиплексування (Time Division Multiplexing або TDM) (див. мал. 5).

Насьогодні використовуються два стандарти для базового формату TDM – T1, в якому по одному каналу передаються відліки 23-х телефонних розмов та службова інформація, і E1, в якому по одному каналу передаються відліки 30-ти телефонних розмов та службова інформація. Стандарт T1 поширений в США та Японії, стандарт E1 – в Європі.



Мал. 5. Ущільнена передача відліків телефонних розмов в технології TDM

Проміжок часу, в якому передається відлік однієї телефонної розмови, має назву часового слота (time slot). Стандарт T1 передбачає наявність 24 часових слотів (з урахуванням передачі службової інформації), а стандарт E1 – 30 часових слотів.

Сигнали форматів T1 та E1 здатні також бути ущільненими в часі і один канал може використовуватися для одночасної пе-

редачі декількох T1 або E1 сигналів. Запорукою успішної передачі сигналів в технології TDM є чітка синхронізація між передавачем та приймачем сигналів. Багаторівневе часове ущільнення в технології TDM регламентується системою стандартів Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network (SDH/SONET).

Комутація каналів та комутація пакетів

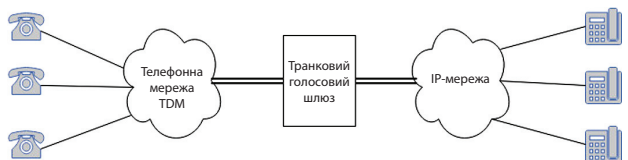
При тому що засоби телефонії набули суттєвих змін на протязі еволюції від систем першого покоління до цифрових систем на основі технології TDM, залишився незмінним основний принцип формування каналу для передачі голосової розмови – на всіх пристроях, які знаходилися на шляху передачі голосу між абонентами, під цю розмову виділялися певні ресурси. В аналоговій телефонії резервувалися дротові пари, в цифровій телефонії – часові слоти. Операторські комутатори брали участь в транзитній передачі сигналу, який надходив по певній дротовій парі чи в певному часовому слоті, в іншу дротову пару чи часовий слот. Така система комутації отримала назву комутації каналів, адже під кожну телефонну розмову потрібно було створити (зкомутувати) канал. Те, що під телефонну розмову потрібно було виділяти ресурси на всіх транзитних операторських комутаторах, зокрема, визначало високу вартість дзвінків на далеку відстань – в інше місто чи країну.

Позбутися обмежень традиційної телефонії, тобто такої, яка базується на комутації каналів, виявилось можливим і 1079 завдяки використанню комутації пакетів, яка застосовується в мережах передачі даних на основі протоколу IP. Голосові відліки, створені так само, як і в традиційній цифровій телефонії, замість синхронної ущільненої передачі як в TDM, передаються в IP-пакетах. Технологія передачі голосу по мережам IP отримала назву Voice-over-IP (VoIP). VoIP є складовою сучасної технології IP-телефонії (нагадаємо, що окрім передачі голосу послуга телефонії також передбачає сигналізацію).

IP-телефонія, яка базується на технології VoIP, набула стрімкого поширення завдяки своїм перевагам порівняно з традиційною телефонією. До цих переваг слід віднести такі:

- більш ефективне використання ресурсів – каналів зв'язку та обладнання, адже передача IP-пакетів здійснюється на основі аналізу IP-адрес і спеціального резервування ресурсів не потрібно;
- зниження вартості дзвінків на далекі відстані, адже внаслідок зникнення резервування ресурсів на коштовних проміжних TDM-комутаторах посекундні розрахунки вартості розмов замінилися на сплату за підключення до Інтернет;
- використання єдиної технологічної бази – комутаторів, маршрутизаторів, серверів, для надання послуг телефонії та передачі даних;
- ширші можливості для надання додаткових новітніх послуг абонентам за рахунок інтеграції телефонії та Інтернет.

Втім, було б неправильно сказати, що IP-телефонія витісняє традиційну телефонію. Заміна технології вимагає значних матеріальних витрат на проектування, обладнання, навчання персоналу, натомість в результаті 80 % абонентів користуватимуться тими ж послугами, які їм надавала традиційна телефонія. Також слід розуміти, що IP-телефонія не забезпечує суттєвого підвищення якості голосового зв'язку, оскільки формат передачі голосу подібний до того, що використовується в традиційній цифровій телефонії на основі TDM. На сьогодні традиційна та IP-телефонія співіснують в різних мережах. Інтеграція телефонних мереж з різною технологією здійснюється за допомогою транкових голосових шлюзів, які встановлюються на стиках цих мереж (мал. 6).



Мал. 6. Інтеграція мереж традиційної та IP-телефонії

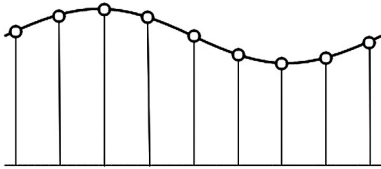
Основи технології VoIP

Цифровий формат передачі голосового сигналу

Для передачі голосу в системах IP-телефонії початковий аналоговий сигнал перетворюється в цифровий формат – послідовність цифрових відліків, які можуть бути передані в IP-пакетах. Процедура перетворення складається з трьох етапів:

- дискретизація;
- кодування;
- компресія динамічного діапазону.

Дискретизація – фіксація в аналоговому сигналі точок, для яких буде сформовано цифровий відлік для подальшої передачі (мал. 7).

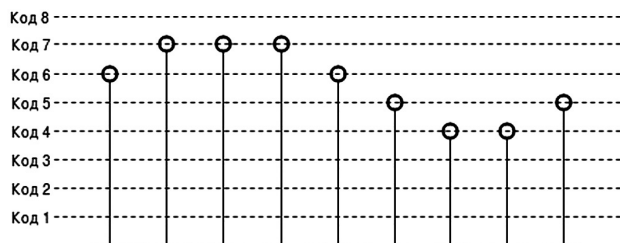


Мал. 7. Дискретизація аналогового сигналу

Вочевидь, для точного відтворення сигналу з відліків дискретизація має здійснюватися достатньо щільно. Згідно теорії дискретизації сигналів, до розробки якої доклалися зокрема американський вчений Гаррі Найквіст та російський вчений В. О. Котельников, для збереження повної інформації про сигнал достатньо фіксації відліків з частотою, яка не менш ніж вдвічі перевищує верхню частоту спектру сигналу. Частотний спектр голосу людини приблизно знаходиться в діапазоні від 300Гц до 3,5кГц, відповідно частота дискретизації повинна бути не менш ніж 7кГц. В цифровій телефонії та VoIP використовується частота дискретизації 8кГц, що означає фіксацію 8000 відліків щосекунди.

Для прикладу, в побутовій техніці відтворюються звукові сигнали зі спектром приблизно від 20 Гц до 20 кГц. Відповідно, стандартна частота дискретизації для запису цифрових аудіо-дисків становить 44,1кГц.

Кодування – визначення цифрового коду для кодування кожного відліку сигналу. Оскільки кожна система обчислення має обмежену точність внаслідок кінцевої кількості розрядів числа, значення сигналу у відліках, отриманих при дискретизації, округляються до найближчого значення, яке може бути представлено в використовуваній системі обчислення (мал. 8). Процес округлення має назву квантування.



Мал. 8. Кодування відліків

Для якіснішого кодування відліків необхідно використання більшої кількості розрядів. Наприклад, в згаданих вище цифрових аудіо-дисках відліки кодуються за допомогою двоїчних кодів з 16 розрядами (бітами). В телефонії для кодування голосу використовуються 8-бітні коди.

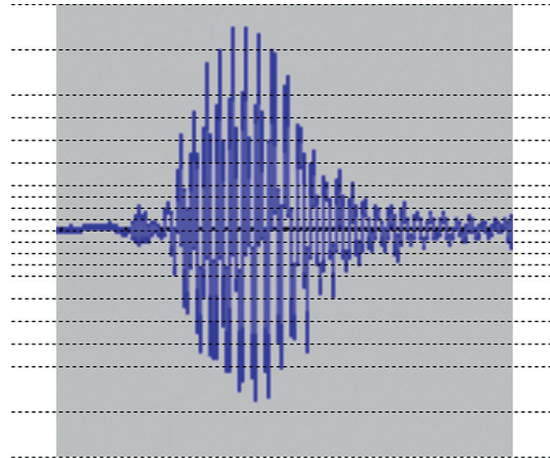
Компресія динамічного діапазону – використання нелінійної функції кодування відліків. Якщо для кодування відліків використовувати лінійну функцію, тобто таку, за якої співвідношення рівнів відліків буде точно відповідати співвідношенню кодів, якими вони представлені, сітка можливих значень кодів буде використовуватися неефективно. Рівень типового сигналу знаходиться здебільшого в середньому діапазоні, в той час як епізодичні сплески несуть в собі меншу частину інформації про сигнал (мал. 9).

Використання рівномірної сітки значень кодів у разі лінійної функції кодування призведе до того, що для кодування сплесків буде використовуватися невиправдано велика кількість значень.



Мал. 9. Діаграма сигналу вимовленого слова «технологія» (для запису використано програму Audacity)

Більшу ефективність кодування надає використання нелінійної функції кодування, за якої для кодування рівнів сигналу в середньому діапазоні використовується щільніша сітка значень ніж для кодування сплесків (мал. 10).



Мал. 10. Використання нелінійної функції кодування

Співвідношення між максимальним та мінімальним рівнями сигналу відомо як динамічний діапазон. У разі використання нелінійної функції кодування різниця між кодами сигналу в середньому діапазоні та сплеском є меншою ніж різниця між фактичними рівнями початкового сигналу, тому використання нелінійної функції кодування відомо як компресія (стискання) динамічного діапазону сигналу. Насьогодні використовуються дві стандартні нелінійні функції кодування відліків відомі під назвами μ -law, яка поширена в Європі, та α -law, яка поширена в США та Японії.

Описана процедура аналогово-цифрового перетворення відома під назвою «імпульсно-кодова модуляція» (англ.: Pulse-Code Modulation або PCM). PCM формат використовує представлення початкового аналогового сигналу у вигляді 8-бітових цифрових кодів, які слідує з частотою 8000 за секунду. Для відтворення голосу співрозмовника з отриманої послідовності 1082 кодів виконується зворотна процедура цифро-аналогового перетворення, до якої входять етапи:

- відновлення (декомпресія) динамічного діапазону;
- формування рівнів сигналу відповідно до цифрових кодів;
- згладжування для отримання аналогового сигналу з дискретних відліків.

Економія обсягу даних, що передаються, за допомогою Кодеків

Цифровий формат даних для передачі голосового сигналу у вигляді 8-бітових відліків, які передаються в темпі 8000 відліків за секунду, визначає потребу в пропускній здатності телефонної мережі на рівні $8 \times 8 = 64$ Кбіт/с для кожної телефонної розмови. В мережах традиційної телефонії на базі TDM для передачі кожної розмови в усіх проміжних каналах резервується ресурс – часовий слот (див. вище). Наявність заздалегідь зарезервованого ресурсу згідно базового принципу мереж з комутацією каналів робить непотрібними будь-які заходи зі скорочення загального обсягу даних, що передаються.

В VoIP ситуація відрізняється, адже замість резервування ресурсів під кожну розмову IP-пакети, кожен з яких містить відліки певної телефонної розмови, передаються через спільні канали. В цьому разі зменшення загального обсягу даних, що передаються здатне знизити навантаження на канал, або передати через нього більше одночасних розмов.

Для зниження обсягу – стиснення, голосових даних використовуються спеціальні функції – кодеки. З боку відправника початкові цифрові відліки голосу, для передачі яких потрібна пропускна здатність 64Кбит/с, піддаються кодуванню, внаслідок якого обсяг даних знижується і відповідно для їх передачі потрібна менша пропускна здатність. На боці отримувача здійснюється зворотня процедура – зі стиснутих даних відновлюються початкові відліки, які вже використовуються для відтворення голосового сигналу. Слово «кодек» утворене з початкових літер слів «кодування» та «декодування» і означає набір з двох функцій, які за сумісного використання на різних кінцях тракту передачі голосових даних забезпечують зменшення обсягу цих даних, що передається.

На перший погляд може здатися, що кодеки є подібними до відомих програм архівування файлів на кшталт zip або rar. Насправді це не так, оновними відмінностями кодеків від програм архівування є такі:

- програми архівування опрацьовують файл в цілому, в той час як кодеки обробляють потокові дані, тобто такі, які постійно надходять;
- час роботи програми архівування не регламентується, суттєве збільшення часу на стискання певного файлу зазвичай не критично, в той час як тривалість обробки голосових даних кодеком додається до загальної затримки передачі голосу до співрозмовника і не може перевищувати прийнятної межі;
- програми архівування забезпечують 100 % збереження інформації, файл до архівації і файл, який було відновлено з архіву, повністю ідентичні, в той час як кодеки враховують природу голосового сигналу і можуть привнести незначне погіршення якості з метою економії даних.

Існує велике розмаїття кодеків, які розрізняються такими параметрами, як рівень стиснення даних, складність обробки, ступінь погіршення якості, оптимальні умови використання. Деякі кодеки мають статус стандартних, вони описані документами Міжнародного Телекомунікаційного Союзу (International Telecommunication Union або ITU) і позначаються кодами виду G.7xx (наприклад, G.711, G.726, G.729 та ін.). Існують також фірмові кодеки, для використання яких необхідне використання на обох кінцях тракту передачі голосових даних обладнання певного виробника. В табл. 1 наведено показники розповсюджених кодеків.

Стосовно передачі голосу через мережі VoIP важливо пам'ятати про те, що до даних, які передаються, відносяться не лише цифрові відліки, але службова інформація, зокрема заголовки IP-пакетів і фреймів каналного рівня. Для визначення потрібної пропускної здатності мережі недостатньо використовувати значення, вказані в таблиці 1, натомість до них слід додати пропу-

ску здатність для накладних витрат – передачі службової інформації.

У якості прикладу наведемо розрахунок потрібної пропускної спроможності Ethernet мережі для передачі однієї голосової розмови з використанням кодеку G.711.

Вихідні дані:

- тривалість фрагменту розмови, який передається одним IP-пакетом (визначає затримку передачі голосу) – 20 мс;
- розмір заголовку контейнера протоколу транспортування голосу (Real-time Transport Protocol або RTP) – 12 байт;
- розмір заголовку датаграми транспортного протоколу UDP – 8 байт;
- розмір заголовку пакета протоколу IP – 20 байт;
- розмір заголовку та контрольної інформації фрейму Ethernet – 18 байт.

Фрагмент розмови тривалістю 20 мс потребує $0,02 \times 8000 = 160$ відліків, тобто 160 байтів голосових даних. Після додання накладних витрат протоколів RTP, UDP, IP та фреймів Ethernet отримуємо загальний розмір фрейму 218 байт.

Передача фрагментів по 20 мс вимагає їх відправку в темпі $1 / 0,02 = 50$ фреймів за секунду. Передача 50 фреймів розміром 218 байт за секунду потребує пропускної здатності мережі 10900 байт/с або 87,2 Кбйт/с.

Як бачимо, реальна потрібна пропускна здатність (87,2 Кбйт/с) на 36 % перевищує швидкість, потрібну для передачі лише голосових даних (64 Кбйт/с). Долю накладних витрат можна було б зменшити за рахунок подовження тривалості фрагменту, який передається в одному пакеті, але це призведе до збільшення затримки голосу і негативного впливу на якість послуги.

Слід зазначити що паралельно з кожною сесією взаємодії між абонентами по протоколу RTP для передачі голосу між ними також передаються пакети зі службовою інформацією по протоколу RTP Control Protocol (RTCP), але u1111 їх внесок в загальну потрібну пропускну здатність мережі незначний.

У разі використання кодеків з високим рівнем економії голосових даних, наприклад кодеку G.729a, який забезпечує передачу голосових даних зі швидкістю 8 Кбйт/с, доля накладних витрат ще більш зростає – для тривалості фрагменту в одному пакеті 20 мс потрібна пропускна здатність становитиме 31,2 Кбйт/с, тобто накладні витрати становитимуть 290 %, а якщо збільшити тривалість фрагменту в пакеті до 30 мс – 23,5 Кбйт/с і 193 % відповідно! Втім, порівняно з кодеком G.711 економія все одно істотна – 23,5 Кбйт/с проти 87,2 Кбйт/с для кожної телефонної розмови.

На завершення про кодеки зазначимо, що вкрай бажано, щоб кінцеві пристрої абонентів, які розмовляють, підтримували од-

Табл. 1.

Кодек	Потрібна пропускна здатність, Кбйт/с	Якість передачі голосу за 5-бальною шкалою	Типове використання
G.711	64,0	4,3	Передача розмов
G.726r32	32,0	3,8	Передача розмов
G.736r24	24,0	3,75	Передача розмов
G.726r16	16,0	3,7	Передача розмов
G.728	16,0	3,75	Передача розмов
iLBC	13,3 або 15,2	4,14	Використання в мережах з нестабільною якістю передачі пакетів
GSM Full Rate	13,0	3,5	Голосові меню, голосова пошта
G.729a	8,0	3,7	Передача розмов
G.723r63	6,3	3,7	Передача голосу та мультимедіа
G.723r53	5,3	3,65	Передача голосу та мультимедіа
G.722	64,0	4,5	Передача сигналу ширшого спектру -- до 7кГц, та кращої якості кодування – 14 біт на відлік
G.722.1	32,0 або 24,0	4,09	Передача сигналу ширшого спектру -- до 7кГц, та кращої якості кодування – 14 біт на відлік
G.722.2	16,0	3,98	Системи сумісного передачі голосу і файлів зі змінними умовами щодо швидкості передачі даних

наковий набір кодеків. Якщо умова відповідності кодеків не виконується, на шляху передачі голосових даних необхідним є перетворення між кодеками. Ця процедура потребує продуктивних сигнальних процесорів, збільшує затримку сигналу та погіршує його якість (адже будь-яка обробка погіршує початковий сигнал). Зазвичай в телефонній мережі, підконтрольній одній технічно-адміністративній групі, визначається єдиний базовий кодек, з використанням якого відбуваються всі розмови. У разі спілкування абонентів різних телефонних мереж з різними кодеками необхідною є підтримка кодеків обох мереж кінцевими пристроями абонентів (з яких під час розмови буде обрано той, що забезпечує вищу якість), або здійснення перетворення між кодеками на стику телефонних мереж.

Сигналізація в IP-телефонії

VoIP-шлюзи та менеджери викликів

Як було зазначено на початку статті, окрім передачі голосу другою базовою функцією телефонії є сигналізація. Саме сигналізація забезпечує прокладання маршруту передачі голосових даних між потрібною парою абонентів, керує встановленням та розірванням сеансу зв'язку, координує роботу пристроїв, які задіяні в підтримці сеансу зв'язку.

Коли абонент набирає номер співрозмовника на своєму телефоні, він формує службову інформацію, яка передається на обладнання оператора і використовується для u1087 пошуку телефона співрозмовника. Після того, як потрібного абонента знайдено, на його телефон надсилається сигнал виклику і це також сигналізація. Також до сигналізації слід віднести повідомлення про стан абонента («очікування» або «зайнятий»), автоматичне визначення номера дозвонювача, команди переведення з'єднання на утримання, повідомлення про голосову пошту і т. п.

Кінцеві пристрої телефонної мережі – телефонні апарати беруть участь в виконанні обох основних функцій телефонії – передача голосу та сигналізація. Операторські комутатори в мережах традиційної телефонії – АТС, також виконують обидві функції.

В IP-телефонії функції передачі голосу та сигналізації реалізуються окремо. Голос абонента перетворюється на аналоговий електричний сигнал в телефонному апараті і надалі перетворюється на послідовність IP-пакетів в VoIP-шлюзі, до якого під'єднано телефонний апарат. Сучасні IP-телефони поєднують в собі функції телефонного апарата та VoIP-шлюза. Голосові IP-пакети між VoIP-шлюзами абонентів передаються через IP-мережу, побудовану на IP-маршрутизаторах.

Для передачі голосу по мережевому протоколу IP між VoIP-шлюзами абонентів використовуються згадані раніше протоколи рівня застосувань RTP та RTCP.

Сигналізація здійснюється пристроями керування викликами, для позначення яких використовуються такі терміни як менеджер викликів (call manager), сервер викликів (call server), програмний комутатор (soft switch) та ін. Надалі в статті використовуватиметься термін «менеджер викликів». Оскільки ідентифікація абонента в телефонії здійснюється за допомогою телефонного номера, а зв'язок в мережах IP-телефонії відбувається по протоколу IP, до керування викликами зокрема відноситься визначення IP-адреси пристрою абонента відповідно до його телефонного номера. Функція менеджерів викликів полягає також в обміні службовою інформацією з іншими пристроями мережі IP-телефонії, в передачі голосових пакетів вони участі не беруть (мал. 11).



Мал. 11. Передача голосу та керування викликами в мережі IP-телефонії

В телефонних мережах з відносно невеликою кількістю u1072 абонентів (наприклад, в мережі підприємства) можливо використання пристроїв, які інтегрують в собі функції VoIP-шлюзів та менеджерів викликів – універсальних шлюзів, таких, як, наприклад, шлюзи AS5400 компанії Cisco Systems (мал. 12).



Мал. 12. Універсальний шлюз Cisco AS5400

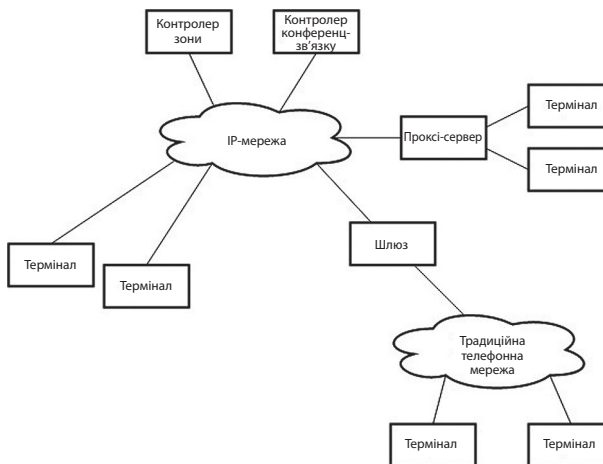
Протоколи сигналізації

Протокол H.323

Першим протоколом службової сигналізації, який здобув широке промислове використання став стандарт ІТУ H.323. Протокол H.323 було розроблено з наголосом на реалізацію відеоконференцій в IP-мережах, але він швидко перетворився на базовий протокол для всіх типових сценаріїв IP-телефонії. Поширення H.323 сприяла розробка численних доповнень до нього – протокол H.323 має десятки додатків і пов'язаних з ним стандартів. Промислового поширення сприяв також статус стандарту цього протоколу, адже він гарантував сумісність між собою пристроїв, які декларували підтримку H.323. Завдяки своїй гнучкості протокол H.323 використовувався в IP-телефонних мережах як з виділеними елементами сигналізації – контролерами зон (англ.: gatekeepers), так і в мережах на основі універсальних шлюзів, які об'єднують в собі функції передачі голосу та сигналізації.

Основними компонентами телефонної мережі на основі H.323 є такі (мал. 13):

- термінали – кінцеві пристрої, у якості яких можуть бути пристрої абонентів;
- контролер зони – пристрій, який здійснює керування терміналами, зокрема керування викликами;
- шлюзи – посередники між мережами IP-телефонії та мережами традиційної телефонії;
- контролери конференц-зв'язку – спеціалізовані компоненти для організації зв'язку між трьома та більше терміналами;
- проксі-сервери – посередники між терміналами та мережею H.323, які забезпечують таку додаткову функціональність до терміналів, як підтримку протоколу резервування ресурсів (Resource Reservation Protocol або RSVP), підтримку трансляції мережевих адрес (Network Address Translation або NAT), захисні функції.



Мал. 13. Компоненти мережі на основі H.323

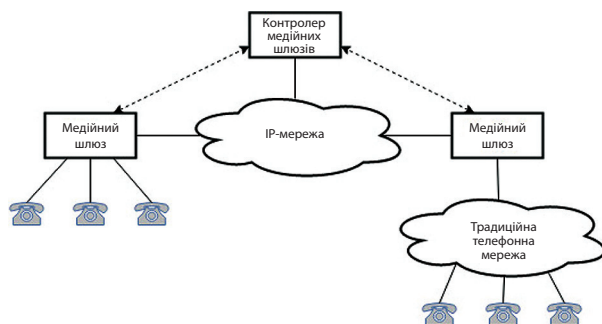
Можлива інтеграція функцій декількох компонентів в одному пристрої. Наприклад, поширеними є пристрої, які поєднують в собі функції контролера зони та проксі-сервера.

Гнучкість та широка функціональність протоколу H.323 в значній мірі визначили його надмірну складність. Для підвищення надійності та ефективності H.323 використовує здебільшого транспортний протокол TCP (використання UDP також можливе) і компактне кодування службових повідомлень в бінарному (не-

придатному для безпосереднього аналізу адміністратором) форматі. H.323 також характеризується довгою порівняно з іншими протоколами сигналізації тривалістю встановлення сеансу зв'язку.

Протоколи MGCP та H.248

Протокол керування медійними шлюзами (Media Gateway Control Protocol або MGCP) орієнтований на використання в телефонних мережах з централізованим керуванням (наприклад, мережа підприємства або телефонного оператора) і внаслідок обмеженої галузі застосування є значно простішим порівняно з H.323. До переваг протоколу MGCP належить можливість використання кінцевих пристроїв – медійних шлюзів, з максимально спрощеною функціональністю за рахунок концентрації всіх функцій керування на контролері (мал. 14).



Мал. 14. Компоненти мережі на основі MGCP

Обмеженням протоколу MGCP є здійснення взаємодії лише між медійними шлюзами та контролерами, в той час, як для зв'язку між різними мережами, кожна зі своїм контролером, необхідні протоколи типу H.323 або SIP (див. нижче). Також базування на використанні максимально спрощених кінцевих пристроїв перешкоджало розширенню функціональності за рахунок використання сучасних більш інтелектуальних пристроїв.

Протокол H.248 є значною мірою подібним до MGCP. Іншою назвою H.248 є MeGaCo, що є скороченням від Media Gateway Control. Фактично, H.248 є розвитком MGCP і при цьому має статус стандарту ITU. Вища ефективність H.248 порівняно з MGCP також зумовлюється доданою в H.248 можливістю роботи з групами кінцевих пристроїв, об'єднаних в так звані контексти, в той час як MGCP орієнтований на роботу з окремими кінцевими пристроями.

Протокол SIP

На відміну від протоколів H.323, MGCP та H.248, які забезпечують функціонування телефонних мереж з зосередженими (централізованими) елементами керування, протокол ініціювання сеансів зв'язку (Session Initiation Protocol або SIP) призначений для симетричної взаємодії u1088 рівноправних пристроїв. В найпростішому випадку SIP може забезпечити взаємодію між парою кінцевих пристроїв – голосових шлюзів без додаткових елементів керування. З іншого боку SIP може бути використаний для взаємодії більш інтелектуальних кінцевих пристроїв ніж в MGCP з менеджером викликів. Також SIP дозволяє передачу виклику по ланцюжку з використанням багатьох проміжних пристроїв.

Порівняно з протоколом H.323, який також здатен підтримувати симетричну взаємодію, SIP зокрема має таку додаткову функціональність:

- пошук фактичного місця під'єднання (реєстрації) користувача в телефонній мережі – підтримка мобільних користувачів;
- обмін інформацією щодо підтримуваних функцій між пристроями, що беруть участь в сеансі зв'язку – ефективна взаємодія між пристроями різних виробників, узгоджене впровадження підтримки нових функцій;
- визначення готовності до взаємодії абонента, якого викликають, до початку сеансу взаємодії;
- можливість динамічної зміни параметрів виклику під час сеансу взаємодії, наприклад, долучення та вилучення учасників взаємодії.

SIP має спрощену порівняно з H.323 систему службових повідомлень, які передаються у вигляді простого тексту подібно до поширеного в Інтернет протоколу передачі гіпер-тексту (Hyper-Text Transfer Protocol або HTTP). У якості транспортного протоколу здебільшого використовується UDP, який має менше накладних витрат порівняно з TCP (можливість використання TCP також підтримується).

Основними компонентами мережі на основі SIP є такі (мал. 15):



Мал. 15. Компоненти мережі на основі SIP

- агент користувача (User Agent) – компонент, присутній на кожному пристрої, який здійснює взаємодію з агентами користувача інших пристроїв; агент користувача може виконувати роль клієнта – ініціювати взаємодію, та сервера – відповідати на ініціативу з початку взаємодії;
- сервер реєстрації (Registrar) – компонент, який концентрує інформацію про агенти користувача, наявні в мережі, і забезпечує можливість пошуку користувача;
- проксі-сервер (Proxy Server) – посередник на шляху передачі виклику, який здійснює маршрутизацію виклику, а також виконує функції безпеки та інші технологічні функції;
- сервер переадресації (Redirect Server) – агент користувача, який у відповідь на запит взаємодії вказує на необхідність надсилання запиту до іншого агенту користувача (наприклад, до користувача в іншій мережі);
- прикордонний контролер сеансів зв'язку (Session Border Controller або SBC) – посередник, який зазвичай встановлюється на стику мереж з різним адміністративним керуванням з метою безпеки, приховування внутрішньої топології мережі та інших технологічних функцій.

ВИСНОВКИ

В статті розглянуто основні поняття телефонії, як послуги, показано еволюцію засобів телефонного зв'язку від телефонних мереж першого покоління до сучасних систем IP-телефонії. Протягом всієї історії розвитку незмінними залишилися два ключових аспекти телефонії – передача голосу та обробка службової інформації (сигналізація).

Поява технології передачі голосу по мережах IP (VoIP) відзначило принципову зміну базової платформи для телефонії – від мереж з комутацією каналів відбувся перехід до мереж з пакетною комутацією. Надано стилісний огляд поширених протоколів сигналізації для IP-телефонії.

Втім, стаття має популярний характер, за її мету не ставився детальний розгляд технологічних аспектів. Поза увагою залишилися такі важливі задачі як інтеграція мереж традиційної та IP-телефонії, мережі уніфікованих комунікацій і забезпечення якості обслуговування (Quality of Service або QoS), та інші. Для глибокого вивчення технології слід звернутися до відповідної навчально-методичної літератури, навчальних центрів та документації до технічних засобів, які використовуються для побудови систем телефонного зв'язку.